Aspectes mineralògics i texturals de la pols procedent de les pluges de fang a les Illes Balears: la seva importància en alguns processos geològics recents

Joan J. FORNÓS, Damià CRESPÍ i Lluís A. FIOL

SHNB

SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Fornós, J.J., Crespí, D. i Fiol, Ll.A. 1997. Aspectes mineralògics i texturals de la pols procedent de les pluges de fang a les Illes Balears: la seva importància en alguns processos geològics recents. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 40: 113-122. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Les pluges de fang són un fet comú a Mallorca com a la resta de la Mediterrània occidental, degudes a l'aport de material en forma de pols per les depressions atmosfèriques que passan pel nord d'Àfrica. L'anàlisi textural i mineralògica de mostres agafades a Mallorca, mostren una textura llimosa amb una composició formada bàsicament per quars i kaolinita. La comparació amb mostres de sediments recents de diversos ambients de les Baleara (de sòl, de sediments marins i de reompliments càrstics); posa de manifest la importància d'aquest procés en l'acumulació de sediments, tant a l'actualitat com en el passat.
Paraules clau: *pluges de fang, pols eòlica, processos sedimentaris, Illes Balears, Mediterrània occidental.*

MINERALOGICAL AND TEXTURAL ASPECTS OF THE AEOLIAN DUST RAIN IN THE BALEARIC ISLANDS: THEIR IMPORTANCE IN SOME RECENT GEOLOGICAL PROCESSES. Dust rains are common in Mallorca Island like in other parts in the Western Mediterranean. Dust supply comes from the atmospheric depressions going through the northern part of Africa. Textural and mineralogical analyses of samples from Mallorca, show a silty texture mainly composed of quartz and kaolinite. The comparation of this dusty rainwater samples with recent sediments of several depositional environments of the Balearic Islands (soil, marine and karstic sediments), show the importance of this process to the recent and past accumulation of sediments.
Keywords: *dust rain, eolian dust, sedimentary processes, Balearic islands, Western Mediterranean.*

Joan J. FORNÓS, Dept. Ciències de la Terra. Univ. Illes Balears, ctra. Valldemossa, km, 7,5. 07071 Palma de Mallorca. e-mail: dctjfa0@ps.uib.es Damià CRESPÍ, Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller. Lluís A. FIOL, Dept. Biologia Ambiental. Univ. Illes Balears.

Recepció del manuscrit: 2-set-97; revisió acceptada: 8-oct-97.

Introducció

La presència de la pols eòlica procedent del nord d'Àfrica en forma de pluges de fang a les Illes Balears és un fenomen conegut des de fa molt temps tan a nivell popular com científic. Encara que és relativament freqüent, ha estat molt mal documentat no trobant-se a la literatura científica més que unes po-

ques dades incompletes i disperses. Aquesta documentació es focalitza principalment en la descripció general del fenomen, en la composició general del material que composa la pols, així com en la seva interpretació meteorològica (Colom, 1948; Jansà, 1948). Als treballs de Fiol (1983; 1985) es fan per primera vegada unes anàlisis de la composició mineralògica, encara que només tenint present la fracció més gruixada (mida arena bàsicament, de 2 a 1/16 mm), amb la qual cosa no es dóna constància de la presència de minerals procedents del grup de les argiles. L'autor relaciona aquest fenomen amb la formació microedàfica a les terrasses i teulades de la ciutat de Palma de Mallorca.

A la literatura internacional hi ha nombrosos estudis sobre la regió mediterrània europea que tracten sobre les pluges de fang que tenen el seu origen al nord d'Àfrica, i en general de totes les regions que envolten el desert del Sàhara. Aquests estudis tracten sobre les constants meteorològiques del fenomen (Kastnelson; 1970, Yaalon i Ganor, 1979; Vernon i Reville, 1983; Bergametti, 1987, Quereda i Olcina, 1994; Quereda *et al.*, 1996), sobre la sedimentologia i composició mineralògica (Paquet *et al.*, 1984; Tomadin *et al.*, 1984; Pye, 1987; Chamley, 1988; Coudé-Gaussen, 1988) i sobre implicacions secundàries tals com la formació de sòls durant el Quaternari (Yaalon i Ganor, 1973; Prodi i Fea, 1979; Fiol, 1985; Rapp i Nihlén, 1991; Nihlén i Olsson, 1995; Nihlén *et al.*, 1995; Simonson, 1995).

L'objectiu del present treball és la realització de les anàlisis mineralògiques d'algunes mostres de pols eòlica recollides a Mallorca i fer una comparació amb la composició mineralògica d'alguns dipòsits recents i plistocènics de les Illes Balears.

Metodologia

Durant el període comprés entre 1982 i 1997 un de nosaltres (Ll. Fiol) va recollir una sèrie de mostres de pols depositada durant pluges de fang. Encara que el registre complet de mostres abasta només el període format pels anys 1988-89-90, amb la intenció de fer les anàlisis texturals i mineralògiques s'han pres les mostres més representatives en volum.

Les anàlisis mineralògiques de la pols procedent de les pluges de fang van ser fetes amb un aparell de difractometria de R.X Siemens D-5000 seguint la metodologia exposada per Aoki *et al.* (1974) i Hardy i Tucker (1988). La fracció de mida <2 m per fer les anàlisis rutinàries va ésser obtinguda per sedimentació.

Les mostres van ser tractades amb H_2O_2 per eliminar la matèria orgànica. Rèpliques de la mateixa mostra van ser escalfades a 375°C i 600°C durant una hora i tractades amb glicol etilè a 60°C per obtenir les diferències entre els minerals de les argiles. Les anàlisis es van fer tan en mostra total orientada a l'atzar com en mostra orientada per suspensió al buit sobre un substrat porós. Les anàlisis d'EDX i observacions al microscopi electrònic d'escandallatge es van fer sobre algunes mostres seleccionades per a comprovar anàlisis anteriors.

L'anàlisi textural es va fer mitjançant un analitzador de mida de partícula, COULTER LS. Amb les dades obtingudes es varen realitzar les corbes acumulatives, histogrames de freqüències i es van obtenir el paràmetres granulomètrics i estadístics elementals.

Per comparar els resultats texturals i mineralògics de les pluges de fang amb la composició de sediments recents depositats a les Illes Balears es van

recollir una sèrie de mostres de diferents ambients sedimentaris actuals i plistocens (Fig. 1). Es van recollir mostres, principalment de textura mida llim, de la plataforma marina (Parc Nacional de Cabrera, sud de Mallorca), sediments de reompliments càrstics amb clara obertura a l'exterior amb una sedimentació contínua del Plistocè Superior a l'Holocè (Es Pouàs, Eivissa), i també mostres de sòls a diversos indrets de Illa de Mallorca.

Anàlisis texturals i mineralògiques de la pols procedent de les pluges de fang

Anàlisis texturals

Les anàlisis texturals efectuades en les diferentes mostres de la pols recollida després de les pluges de fang s'observa que tenen una composició principalment llimosa (Fig. 2). Els paràmetres texturals expresats en volum i estadística aritmètica indiquen un valor

Fig. 1. Mapa de situació. a) Palma de Mallorca, b) Llucmajor, c) Cabrera, d) Es Pouàs.
Fig. 1. Location map of Balearic Islands. a) Palma de Mallorca, b) Llucmajor, c) Cabrera, d) Es Pouàs.

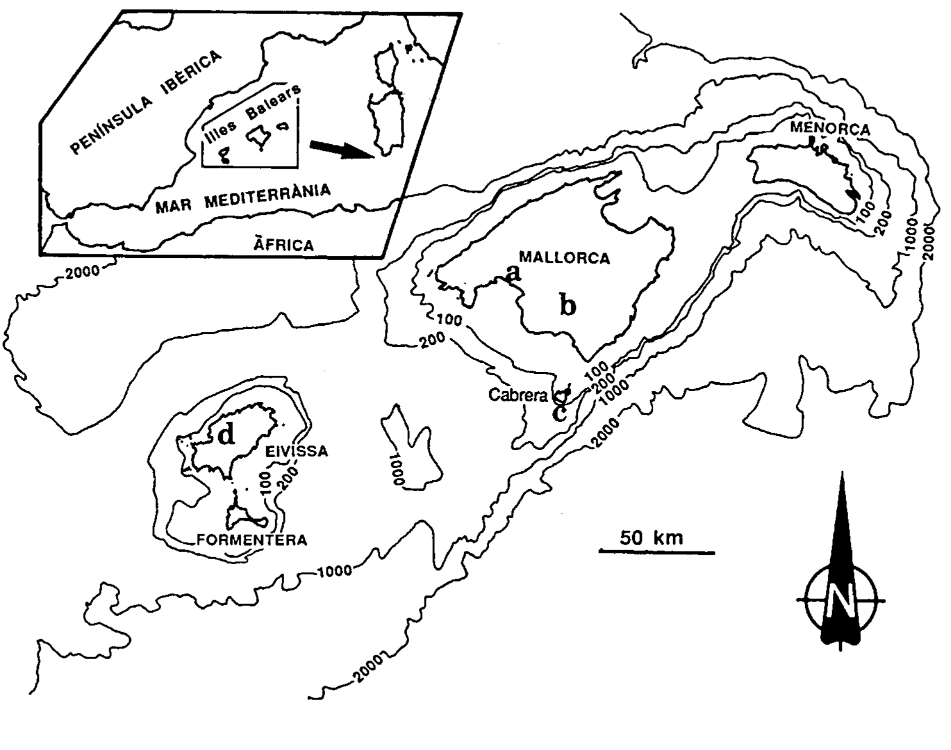
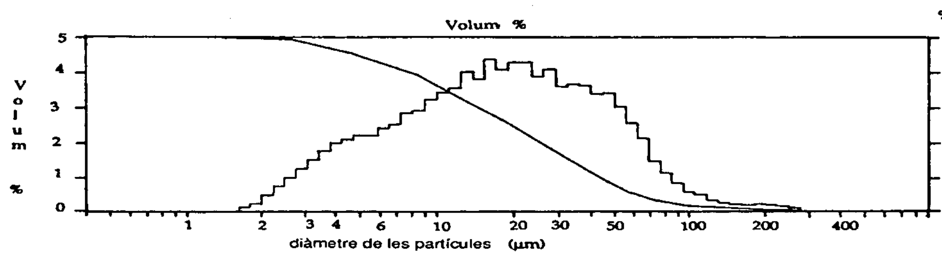


Fig. 2. Corba granulomètrica, histograma de freqüències i principals paràmetres texturals de la pols eòlica recollida a Mallorca.
Fig. 2. Particle-size analysis and main textural parameters of the aeolian dust.



Dades estadístiques:

Mitja:	26,47 µm	Mitja/Mediana	1,476
Mediana:	17,94 µm	Des. Std.	27,97 µm
Moda:	16,16 µm	Skewness	3,166
		Kurtosis	15,78

mitjà de la mida de gra de 26,47 m, el valor de la mediana és de 17,94 m i la moda de 16,16 m. La relació mitjana/ mediana és de 1,476. Les mostres presenten una asimetria cap a la dreta (*skewness* de 3,166), leptokurtosi (*kurtosis* de 15,78) i una bona granoselecció (*sorting* de 2,008).

La fracció mida llim representa el 89,1% en volum (12,75% llim fi, 43,46% llim mitjà i 32,89% llim gruixat). L'arena representa el 10,59% en volum (8,59% és arena molt fina, 1,78% és arena fina i 0,22% arena mitjana. La fracció argila està pràcticament absent (menys de 0,29%).

Anàlisis mineralògiques

Les anàlisis mineralògiques de les mostres de pols mostren la presència de minerals de les argiles, quars, feldspats i minerals del grup dels carbonats. Els difractogrames de R-X reflexen una pobra cristal.linitat pels minerals de les argiles (Fig. 3).

Els minerals del grup de les argiles més importants observats són la illita i la kaolinita. La presència d'Illita s'observa per les reflexions a 10 i 5 Å de la mostra no tractada que no canvien després del tractament amb glicol etilè.

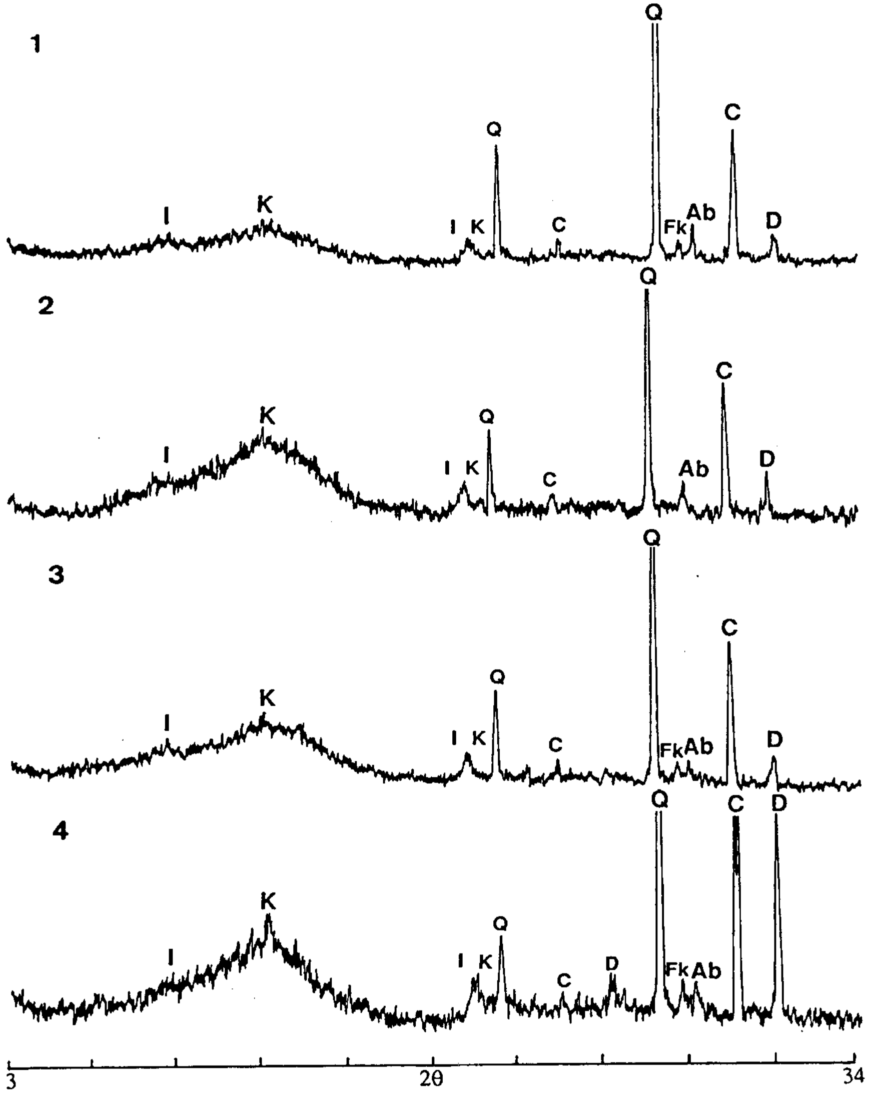
La kaolinita és identificada per la reflexió a 7 Å. L'absència del pic de la clorita a 14 Å que correspon a la seva reflexió basal (001) fa preveure la no presència d'aquest mineral.

Les proporcions relatives dels minerales de les argiles es varen obtenir seguint el mètode de Sudo *et al.* (1961). Les dades de les mostres de pols donen valors de kaolinita que oscil.len entre 35 i 86% i d'illita de 14 a 65% del valor total de les argiles.

Els quars és el mineral present més important en quant a volum, és caracteritzat per uns pics de reflexió a 3,34 i 4,26 Å i està ben representat en totes les difraccions que s'han fet.

Els minerals del grup dels feldspats, estan presents en menor proporció que el quars, essent els més representatius, la microclina amb una reflexió a 3,25 Å i 4,22 Å que coincideix amb la del quars present a totes les mostres. La plagiòclasi, representada per una reflexió a 3,19 Å, està també present a algunes mostres.

Fig. 3. Difractogrames de R-X de la pols recollida en les pluges de fang a la ciutat de Palma de Mallorca durant els dies: 1) 04/10/89, 2) 07/05/89, 3) 03/06/91, 4) 03/04/92. I: Illita, K: Kaolinita, Q: Quars, C: Calcita, D: Dolomita, Fk: Feldspat potàssic, Ab: Albita.
Fig. 3. X-ray diffraction diagrams of muddy-rain dusts collected in Palma de Mallorca (Mallorca) during the days: 1) 04/10/89, 2) 07/05/89, 3) 03/06/91, 4) 03/04/92. I: Illite, K: Kaolinite, Q: Quartz, C: Calcite, D: Dolomite, Fk: Potassium Feldspar, Ab: Albite.



Els minerals carbonatats també sempre hi són presents. La calcita és el dominant, mostrant la típica reflexió a 3,03 Å. La dolomita, amb el pic de reflexió principal a 2,88 Å, només hi és present en algunes mostres. La importància de la calcita és similar a la dels minerals del grup dels feldspats, encara que en menor proporció que el quars.

Composició de la fracció fangosa d'altres sediments recents de les Balears

Es varen realitzar diferents anàlisis mineralògiques en tres ambients deposicionals diferents de sediments recents de les Balears per intentar establir la possible influència de la pols sahariana en el seu procés deposicional.

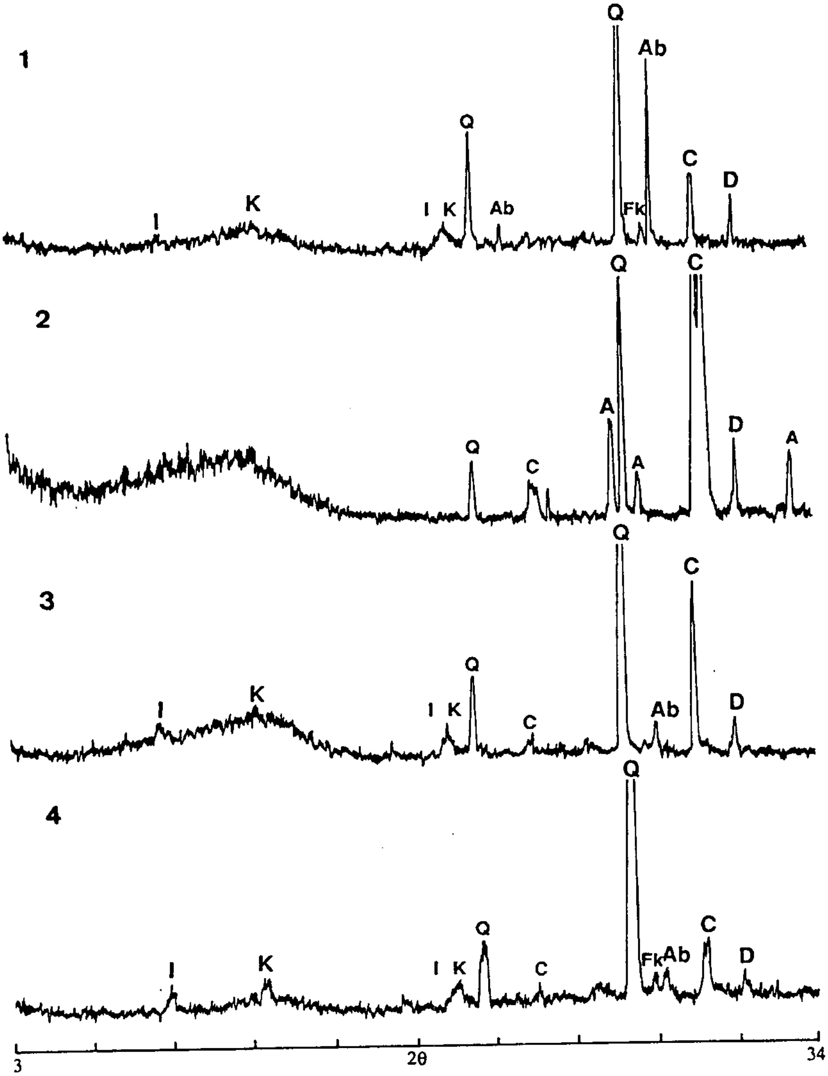
Un dels sediments analitzats va esser la fracció fangosa de dipòsits marins recents corresponents a la plataforma oberta prop de l'arxipèlag de Cabrera (Fig. 1). La difracció de raigs-X d'aquests sediments, que es pot observar a la Fig. 4, mostra la presència de minerals carbonatats com a dominants, però també la presència de minerals siliciclàstics. Els minerals carbonatats que corresponen a aragonita i a calcita magnesiana tenen un origen esquelètic, i en conseqüència es poden considerar autòctons. Procedeixen principalment de la abrassió i bioerosió de les partícules esquelètiques carbonatades que en aquesta àrea corresponen principalment a mol.luscs i algues vermelles (Fornós i Ahr, 1997). La presència de quars, dolomita i algun feldspat correspon a material al.lòcton (detrític). Donat que a les Balears els dipòsits amb composició silícica aflorants són pràcticament absents, i on la composició dominant dels dipòsits des del Triàssic mitjà correspon a materials eminentment carbonatats, els components siliciclàstics tenen que provenir d'un àrea font externa de lo que és pròpiament dita una plataforma aïllada (Fornós i Ahr, 1997) que correspon a l'arxipèlag de les Balears. També s'ha de tenir present que a les Balears no existeixen en l'actualitat corrents superficials permanents, tan sols alguns corrents efímers i torrents que puguin ser capaces de transportar partícules detrítiques a la mar. Endemés en aquest cas aquestes partícules són acumulades molt prop de la costa.

En treballs recents paleontològics efectuats en reompliments càrstics a l'illa d'Eivissa (S-Balears) s'ha descobert a l'avenc d'Es Pouàs, un important jaciment d'aus fòssils amb un registre que va del Plistocè mitjà fins a l'actualitat (Florit *et al.*, 1989). Aquestes aus fòssils estan contingudes dins de sediments llimosos de tipus siliciclàstic de més de sis metres de potència. Les anàlisis mineralògiques de la fracció fina per difracció de R-X (Fig. 4) mostren una composició molt similar a la de la pols eòlica analitzada. El quars és el principal component, així com els minerals de les argiles (illita i kaolinita), els feldspats i en menor proporció la calcita i la dolomita conformen la mineralogia d'aquests sediments.

Els sòls desenvolupats sobre la plataforma calcària miocena presents a la zona de Llucmajor, al sud de Mallorca (Fig. 1) també van ser analitzats per comparar-los amb la mineralogia de la pols procedent de les pluges de fang. La composició d'aquestes mostres indiquen que estan formades principalment per quars, feldspats, i en menor quantitat per minerals carbonatats i per argiles. Si comparem els difractogrames (Fig. 4) es pot observar la clara similitud amb les mostres procedents de les pluges de fang analitzades.

Fig. 4. Difractogrames de R-X de: 1) sòl de la Marina de Llucmajor, 2) sediments recents de la plataforma marina del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera (sud de Mallorca), 3) i 4) recompliments càrstics d'Es Pouàs (Eivissa). I: Illita, K: Kaolinita, Q: Quars, C: Calcita, D: Dolomita, A: Aragonita, Fk: Feldspat potàssic, Ab: Albita.

Fig. 4. X-ray diffraction diagrams: 1) Soil of Llucmajor platform (Mallorca), 2) Marine platform sediments in Cabrera national park (South of Mallorca), 3) and 4) Karstic filling in Es Pouàs (Eivissa). II: Illite, K: Kaolinite, Q: Quartz, C: Calcite, D: Dolomite, Fk: Potassium Feldspar, Ab: Albite.



Discussió i conclusions

Les anàlisis texturals i mineralògiques fetes en les mostres de pols procedent de les pluges de fang a l'Illa de Mallorca mostren unes característiques similars a les d'altres parts de l'àrea mediterrània (Prodi i Fea (1979) a Itàlia; Rapp (1984) a Ronda (Sud d'Espanya); Rapp i Nihlén (1986) a Itàlia, Tunísia i Grècia; Nihlén i Mattson (1989), Nihlén i Olsson (1995) i Nihlén *et al.* (1995) a Grècia; Gauthier i Guardiola (1989) a Còrsega, Mattsson *et al.* (1995) a Grècia, etc.).

El quars i la kaolinita són els minerals més característics presents en les pluges de fang. L'absència d'afloraments importants de roques silíciques a les Illes Balears i més concretament a les illes de Mallorca i Eivissa, d'on són les mostres analitzades, semblan indicar clarament una procedència externa d'aquests minerals més freqüents. La presència de quars, i especialment de feldspats, en els sediments marins en les mateixes proporcions que en el cas de la pols procedent de les pluges de fang, suggereix una font al.lòctona (sahariana) per aquest material.

Així mateix, la presència de sediments amb una mineralogia i proporcions pràcticament idèntiques en els dipòsits càrstics Holocènics i Plistocènics (Es Pouàs, illa d'Eivissa) (Fig. 4) indica clarament que els materials que reomplen aquestes depressions, cavitats i en general, obertures al exterior poden ser en gran mesura reomplerts pels materials originats i/o aportats per les pluges de fang.

La localització de les Illes Balears a pocs quilòmetres del continent Africà (uns 300 km) i la seva situació en les trajectòries de les tempestes que arrosegan la pols sahariana (Jansà, 1948; Rapp i Nihlén, 1986) faciliten el transport i la caiguda de la pols africana procedent del desert del Sahara. La comparació de la composició i textura dels sòls, dels sediments fangosos marins i dels reompliments càrstics amb la pols procedent de les pluges de fang indiquen doncs, la gran importància de la pols africana en la formació d'aquests dipòsits. Ara fa falta realitzar un treball més acurat i voluminós per tal de quantificar la proporció real d'aquest procés.

Agraïments

Desitgem agrair a Guillem X. Pons, Joan M. Carmona, Emilio Ramos, Ferran Hierro i Joan Cifre, els comentaris al text així com l'ajuda prestada en la tasques de realització de les diverses anàlisis. Aquest treball ha estat finançat en part pel Projecte PB94-1175 de la DGICYT.

Referències

Aoki, S., Oinuma, K. i Sudo, T. 1974. The distribution of clay minerals in the recent sediments of the Japan Sea. *Deep-Sea Research*, 21: 299-310.

Bergametti, G. 1987. *Apport de matière par voie atmosphérique à la Méditerranée occidentale: aspects géochimiques et météorologiques.* Thèse Sci., Univ. Paris VII, 296 p.

Chamley, H. 1988. Contribution éolienne à la sédimentation marine au large du Sahara. *Bull. Soc. géol. France,* (8) t.IV (6): 1091-1100.

Colom, G. 1948. Las lluvias de barro en Baleares, bajo el punto de vista geológico. *Revista de Geofísica*, 7(26): 194-210.

Coudé-Gaussen, G. 1988. Contribution à l'étude sédimentologique des poussières sahariennes et à leur identifica-

tion dans les sédiments continentaux et marins. *Bull. Soc. géol. France,* (8) t.IV (6): 1063-1072.

Fiol, Ll.A. 1983. Estudi del poblament florístic de l'habitació urbana de Palma de Mallorca. Tesina de llicenciatura. Univ. Palma de Mallorca. 225 pp. inèdit.

Fiol, Ll.A. 1985. Estudi d'una formació microedàfica a l'habitació urbana de Palma de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 29: 37-62.

Florit, X., Mourer-Chauviré, C. i Alcover, J.A. 1989. Els aucells Pleistocènics d'Es Pouàs (Eivissa). Nota preliminar. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.,* 56: 35-46.

Fornós, J.J. i Ahr, W. 1997. Temperate carbonates on a modern, low energy, isolated ramp: The Balearic Platform, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67(2): 364-373.

Gauthier, A. i Guardiola, S. 1989. Les pluies de boue en Corse. *Trav. Sci. Parc. nat. reg. Res. nat. Corse,* 20: 53-61.

Hardy, R. i Tucker, M. 1988. X-ray powder diffraction of sediments. In: *Tucker, M. ed. Techniques in sedimentology.* Blackwell. P.191-228.

Jansà, J.M. 1948. Lluvias de barro registradas en Baleares durante la primavera de 1947. *Revista de Geofísica*, 7(26): 182-193.

Kastnelson, J. 1970. Frequency of dust storms at Be'er Sheva. *Israel J. Earth Sci.*, 19: 69-76.

Mattsson, J.O., Nihlén, T. i Solakius, N. 1995. Deposition rate on saharan dust in the Aegean Sea. *Sga*, 96-99.

Nihlén, T. i Mattson, J.O. 1989. Studies on eolian dust in Greece. *Geogr. Ann.,* 71A(3-4): 269-274.

Nihlén, T. i Olsson, L. 1995. Influence of eolian dust on soil formation in the Aegean area. *Z. Geomorph., N. F.*, 39: 341-361.

Nihlén, T., Mattsson, J.O., Rapp, A., Gagaoudaki, C., Kornaros, G. i Papageorgiou, J. 1995. Monitoring of saharan dust fallout on Creta and its contribution to soil formation. *Tellus,* 47B: 365-374.

Paquet, H., Coudé-Gaussen, G. i Rognon, P. 1984. Étude minéralogique de poussières sahariennes le long d'un itinéraire entre 19° et 35° de latitude nord. *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, 25(4): 257-265.

Prodi, F. i Fea, G. 1979. A case of transportand deposition of Saharan dust over the Italian peninsula and southern Europe. *J. Geophys. Res.* 84: 6951-6960.

Pye, K. 1987. *Aeolian dust and dust deposits.* Academic Press. London. 334 pp.

Quereda, J. i Olcina, J. 1994. Incremento de lluvias de barro en la fachada mediterránea de la Península Ibérica. ¿Un signo de cambio atmosférico? in: *Cambios y Variaciones Climáticas en España, Actas de la 1ª Reunión del Grupo de Climatología de la Asociación de Geógrafos Españoles.* Universidad de Sevilla, Fundación el Monte. 235-247.

Quereda, J., Olcina, J. i Montón, E. 1996. Red dust rain within the spanish mediterranean area. *Climatic Change,* 32: 215-228.

Rapp, A. 1984. Are terra rossa soils in Europe eolian deposits from Africa? *Geologiska Föremingers in Stockolm Förhandlingar,* 105: 161-168.

Rapp, A. i Nihlén, T. 1986. Dust storms and eolian deposits in North Africa and the Mediterranean. *Geoöko-dynamik,* 7: 41-62.

Rapp, A. i Nihlén, T. 1991. Desert duststorms and loess deposits in North Africa and South Europe. in: *Loess: Geomorphological Hazards and Processes. Setsuo Okuda, Anders Rapp*

& Zhang Linyuan eds. Catena Supplement 20: 43-55.

Simonson, R.W. 1995. Airbone dust and its significance to soils. *Geoderma,* 65: 1-43.

Sudo, T., Oinuma, K. i Kobayashi, K. 1961. Mineralogical problems concerning rapid clay mineral analysis of sedimentary rocks. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica Supplementum,* 1: 189-219.

Tomadin, L., Lenaz, R., Landuzzi, V., Mazzucatelli, A. i Vanucci, A. 1984. Wind-blown dusts over the Central Mediterranean. *Oceanologica Acta,* 7: 13-24.

Vernon, P.D. i Reville, W.J. 1983. The dustfall of November 1979. *J. Earth Sci. Roy. Dublin Soc.,* 5: 135-144.

Yaalon, D.H. i Ganor, E. 1973. The influence of dust on soils during the Quaternary. *Soil Sci.,* 116: 146-155.

Yaalon, D.H. i Ganor, E. 1979. East Mediterranean trajectories of dust-carrying storms from the Sahara and Sinai. In: C. Morales (ed.) *Saharan dust.* Wiley. Chichester. pp. 187-193.